

Система мониторинга грозовых разрядов и мест повреждений воздушных линий «СМ ВОЛНА»

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ

Современные тенденции развития электрических сетей предусматривают разработку и внедрение принципиально новых подходов к оценке технического состояния ВЛ на основе применения цифровых технологий и автоматизированных систем, обеспечивающих получение информации о состоянии ВЛ в режиме реального времени. Согласно данным опыта эксплуатации, технологические нарушения в работе ВЛ составляют 30–40% от общего числа технологических нарушений на объектах электрических сетей. При этом значительная доля аварийных отключений вызывается грозовыми воздействиями.

Багин В.А.,

инженер-конструктор перспективных разработок АО «Полимер-Аппарат»

Гайворонский А.С.,

к.т.н., заместитель генерального директора по научной работе АО «Полимер-Аппарат»

В настоящее время контроль за состоянием изоляции и других элементов ВЛ осуществляется путем плановых периодических осмотров, которые проводятся крайне редко и как способ контроля недостаточно эффективны. Существующие традиционные средства определения мест повреждений ВЛ на основе импедансного метода по параметрам аварийного режима также не обладают достаточной точностью. Зона осмотра ВЛ по данным ОМП может достигать 10 км и более, что осложняет поиск мест повреждений, особенно в труднодоступных районах, и зачастую не позволяет определить фактическое место повреждения и установить его причину.

В последние годы большое внимание уделяется повышению грозоупорности ВЛ с применением современных средств молниезащиты на базе линейных ОПН (рисунок 1) и/или разрядников с внешним искровым промежутком ЛР [1]. Для разработки мероприятий по повышению грозоупорности и оценки эффективности новых средств молниезащиты

необходима детальная информация о грозовой обстановке и аварийных отключениях ВЛ, вызванных ударами молнии в линию. В настоящее время указанная информация ограничивается только констатацией фактов отключения ВЛ по причине грозовых воздействий.

Отмеченные обстоятельства подчеркивают актуальность разработки автоматизированных систем, обеспечивающих контроль грозовых воздействий на ВЛ в режиме онлайн-мониторинга и повышение точности определения мест повреждений — коротких замыканий (КЗ) на ВЛ. Представленная ниже система мониторинга «СМ ВОЛНА», разработанная АО «Полимер-Аппарат», реализует указанные функции.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

СМ ВОЛНА предназначена для регистрации событий грозовых воздействий, аварийных отключений и определения мест повреждений — коротких замыканий на ВЛ.

Функциональные возможности СМ ВОЛНА обеспечивают:

- идентификацию событий грозовых воздействий и аварийных отключений ВЛ по дате, времени, месту и виду воздействия (удар молнии в провод, трос, опору, ближний удар в землю, расстояние от ПС до места удара или КЗ, фаза), причине отключения (грозовое/негрозовое);
- контроль работы ОПН (ЛР), установленных на ВЛ — «срабатываний» ОПН (ЛР) при ударах молнии в линию, а также повреждений и дефектов ОПН (ЛР);
- формирование архива — электронной базы данных по событиям грозовых воздействий и аварийных отключений ВЛ.

Преимущества:

- расстояние до места удара молнии, КЗ на ВЛ определяется с точностью до опоры (пролета ВЛ), допускаемая погрешность — не более ± 150 м;
- расстояние до места повреждения определяется в автоматическом режиме, не требуется проводить расчеты с использованием специального программного обеспечения, как в традиционных системах ОМП;
- точность определения расстояния не зависит от длины ВЛ, вида КЗ (глухое металлическое или на ДКР, однофазное/двухфазное, межфазное), сопротивления заземления;
- обеспечивается селективность определения места удара молнии или КЗ в разветвленной сети с отпайками.

Применение СМ ВОЛНА предпочтительно на ВЛ, подверженных частым аварийным отключениям, в том числе по причине грозовых воздействий, трассы которых проходят в труднодоступных условиях, а также на ВЛ, эксплуатируемых без грозозащитных тросов, на которых установлены линейные ОПН.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Принцип работы СМ ВОЛНА основывается на волновом методе двухсторонних измерений [2]. Грозовые воздействия и/или повреждения изоляции — КЗ на ВЛ приводят к возникновению электромагнитных волн (волн напряжения и тока), распространяющихся по линии в обе стороны от места КЗ или удара молнии. Синхронная регистрация импульсных электрических сигналов на ПС, вызванных набегающими волнами с линии, позволяет зафиксировать сам факт грозового воздействия или повреждения изоля-



Рис. 1. Линейные ОПН на ВЛ 220 кВ Волга — Заливская

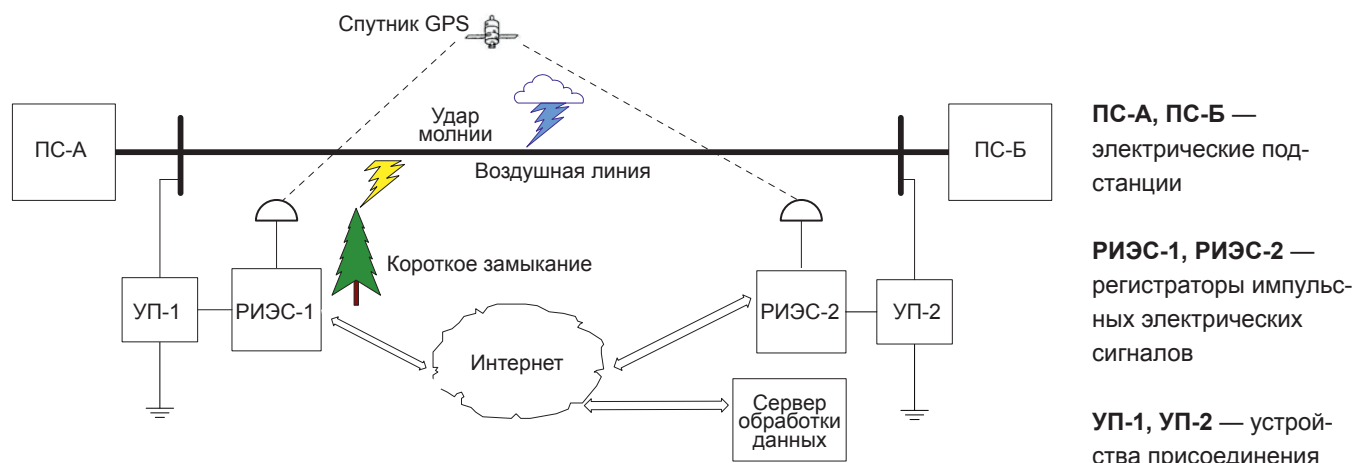
ции и определить расстояние от ПС до места удара молнии или КЗ.

Устройство и работа СМ ВОЛНА поясняются структурной схемой, показанной на рисунке 2, основные технические характеристики приведены в таблице 1. В общем случае СМ ВОЛНА состоит из нескольких локальных подсистем (регистраторов импульсных электрических сигналов РИЭС-1, РИЭС-2, ... РИЭС-N), устанавливаемых на ПС по концам ВЛ, и клиентского АРМ, объединенных сетью передачи данных.

Комплект основного оборудования СМ ВОЛНА, устанавливаемого на каждой ПС, включает:

- шкаф приборный РИЭС — 1 шт.;
- антенну GPS в комплекте с кабелем — 1 шт.;
- датчики тока в комплекте с сигнальными кабелями — 3 шт.

Цифровые регистраторы РИЭС обеспечивают синхронную запись сигналов в системе точного времени на базе GPS/ГЛОНАС. Общий вид РИЭС показан на рисунке 3. Запись информации о событиях (сигналах, поступающих с датчиков на РИЭС) производится в автоматическом режиме. Данные о событиях накапливаются в памяти РИЭС и передаются по сети Internet на выделенный сервер для конечной обработки и формирования базы данных (журнала событий). Место удара молнии и (или) КЗ на линии определяется по разнице времени прихода сигналов, зарегистрированных РИЭС по концам ВЛ.



ПС-А, ПС-Б —
электрические под-
станции

РИЭС-1, РИЭС-2 —
регистраторы импульс-
ных электрических
сигналов

УП-1, УП-2 — устрой-
ства присоединения

Рис. 2. Структурная схема, поясняющая работу СМ ВОЛНА

Табл. 1. Основные характеристики СМ ВОЛНА

Наименование параметра, характеристики	Значение
Динамический диапазон измерения по входу датчика тока, А	20÷1000
Полоса рабочих частот, МГц	0,1÷10
Частота дискретизации сигналов системы ввода, МГц, не менее	10
Погрешность синхронизации измерений подсистем, мкс, не более	0,3
Погрешность определения расстояния до места удара молнии, КЗ на ВЛ, м, не более	±150
Число синхронных каналов измерений	15 (5×3)
Режим регистрации и записи сигналов	ждущий
Продолжительность сеанса записи в одной регистрации, мс, не менее	200
Интервал времени между двумя последовательными регистрациями, с, не более	0,3
Обмен данными	модем LTECat.1, порт Ethernet RJ45, последовательный порт RS232, USB
Питание	AC 176–242 В, DC 180–375 В, мощность — 10 Вт
Класс защиты	IP44
Габаритные размеры, мм	132×433×362
Масса, кг, не более	7



передняя панель



задняя панель

Рис. 3. Общий вид РИЭС

Устройства присоединения — датчики тока, предназначенные для отбора сигналов, устанавливаются в цепь подключения конденсаторов связи (КС) к фильтрам присоединения (ФП) ВЧ связи на ПС (между выводами КС и ФП). Датчики выполнены по схеме пояса Роговского, обеспечивают неразрывность цепи подключения КС к ФП и не оказывают влияния на работу ВЧ-связи. Сигнальные кабели прокладываются от датчиков тока к приборному шкафу РИЭС, находящемуся в помещении ОПУ или РЩ. Антенна GPS устанавливается вне помещения ОПУ или РЩ на уровне крыши. При отсутствии конденсаторов связи на данной ВЛ возможны другие способы отбора сигналов с подключением датчиков тока с разъемным сердечником на токовые цепи ТТ.

Сервер, подключенный к сети передачи данных, является основой автоматизированного рабочего места АРМ пользователя, организованного на веб-сайте. Авторизованный пользователь может войти в систему, используя любое рабочее место, оборудованное персональным компьютером и доступом в сеть Internet.

Формирование базы данных о событиях грозовых воздействий и аварийных отключений ВЛ осуществляется в автоматическом режиме. Информация по каждому событию в базе включает: регистрационный номер, дату, время наступления события, разницу времени прихода сигналов на ПС, расстояние от места возникновения события до ПС (места удара молнии, КЗ, срабатывания ОПН), номер ближайшей опоры, осциллограммы сигналов, зафиксированные РИЭС.

Внедрение СМ ВОЛНА позволяет:

- повысить надежность эксплуатации электрических сетей за счет оперативного обнаружения мест повреждений и их своевременного устранения;
- снизить затраты на обслуживание и ремонты электрических сетей за счет сокращения времени поиска мест повреждений;
- повысить надежность грозозащиты ВЛ за счет выявления участков ВЛ с повышенной грозопоражаемостью и возможность принятия адекватных мер по снижению числа грозовых отключений. **Р**

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонский А.С., Заболотников А.П. Технологии грозозащиты ВЛ высших классов напряжения на основе применения линейных ОПН и разрядников с внешним искровым про-

межутком // Известия РАН. Энергетика, 2015, № 3. С. 103–117.

2. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. М.: Энергоиздат, 1982. 312 с.